

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Porovnání dosažené bezporuchovosti vozidel MHD

Comparsion of Public Transport Vehicles Achivied
Reliability

Student:

Michal Čech

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Famfulík, Ph.D.

Šumperk 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Čech**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2301R002 Dopravní technika**
Téma: **Porovnání dosažené bezporuchovosti vozidel MHD**
Comparison of Public Transport Vehicles Achieved Reliability

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Základní charakteristiky hodnoceného parku vozidel.
3. Výpočetní metody používané pro hodnocení bezporuchovosti.
4. Stanovení charakteristik bezporuchovosti s využitím experimentálních dat.
5. Technicko – ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

Seznam studijní literatury:

1. Famfulík, J. Zkoušky spolehlivosti. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. 2010.
2. Famfulík, J. Teorie údržby. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. 2006. ISBN 80-248-1029-8
3. Daněk, A. Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků. Ostrava: Repronis. 1999. ISBN 80-86122-41-7
4. ČSN IEC 61650: 1998, Techniky analýzy dat o bezporuchovosti

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Famfulík, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 23. 5. 2011



.....
Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 23.5.2011



Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Michal Čech

Adresa trvalého pobytu autora práce: Kosmonautů 258/3, Zábřeh, 78901

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ČECH, M. *Porovnání dosažené bezporuchovosti vozidel MHD*: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2011, 43s. Vedoucí práce: Famfulík, J.

Bakalářská práce se zabývá porovnáním dosažené bezporuchovosti vozidel MHD. Úvodní část se popisuje firmu Veolia Transport Morava a.s., která poskytla data. Na tuto kapitolu navazují charakteristiky bezporuchovosti. Jsou zde popsány různé terminologie zabývající se spojitou náhodnou veličinou. Další část obsahuje Exponenciální rozdělení a odhad parametrů pomocí lineární regrese. Jsou porovnávány 2 typy autobusů a od každého typu se vyhodnocuje 5 vozidel a ze získaných dat se zjistí bezporuchovost jednotlivých vozidel. Dále se vyhodnotí, která značka dosahuje lepších výsledků bezporuchovosti a vozidla se rozdělí na 11 podskupin. Na závěr práce jsou vozidla vyhodnocena z technicko-ekonomického hlediska a určeny náklady na opravy.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

ČECH, M. *Comparsion of Public Transport Vehicles Achivied Reliability*: a bachelor thesis. Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Institute of Transport, 2011, 43 p. Supervisor: Famfulik, J.

Bachelor's thesis deals with Comparsion of Public Transport Vehicles Achivied Reliability. The introduction describes the company Veolia Transport Morava a.s., which provides the dates. The characteristic of reliability is closely joined to these chapter. There are described different kinds of terminology which provide a random quantity. Next part of my Bachelor's thesis are Exponencial distribution and Estimate of parametre by linear regression. I compared 2 types of buses. Each of them evaulate 5 vehicles and from obtanied the dates I foun reliability of individual vehicles. After, I could assess which mark is better (according the reliability) and the vehicles are seperated to 11 groups. In the end, the vehicles are assessed from technical-economic importance and charges for reparations.

Obsah

Úvod.....	4
1 Základní charakteristiky hodnoceného parku vozidel	5
1.1 Popis firmy	5
1.2 Posuzovaná vozidla	6
1.3 Postup vyhodnocování získaných dat	8
2 Charakteristiky bezporuchovosti.....	9
2.1 Spolehlivost.....	9
2.2 Etapy životního cyklu vozidel.....	11
2.3 Vlastnosti náhodné veličiny	13
2.4 Charakteristiky náhodné veličiny	15
3 Zákony rozdělení – Exponenciální rozdělení.....	19
3.1 Exponenciální rozdělení $Ex(\lambda)$	19
3.2 Odhad parametrů pomocí lineární regrese pro exponenciální rozdělení.....	21
3.3 Chí kvadrát χ^2 – test dobré shody	21
4 Analýza dat	24
4.1 Vzorový výpočet pro vozidlo C 954 - 1	24
4.2 Bezporuchovosti jednotlivých vozidel	27
4.3 Hodnocení jednotlivých celků vozidel	30
5. Závěr a Technicko-ekonomické zhodnocení.....	38
Použité zdroje	42
Přílohy	43

Použité značení:

ČSN Česká Státní Norma

d dny

$f(t)$ hustota pravděpodobnosti [-]

$F(t)$ distribuční funkce [-]

IEC mezinárodní norma – Mezinárodní elektrotechnická komise (International Electrotechnical Commission)

ISO mezinárodní norma – Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)

$P(A)$ pravděpodobnost jevu A [-]

$R(t)$ bezporuchovost [-]

T_s střední doba do poruchy [h]

T_{sK} střední doba do poruchy vozidel Karosa [h]

T_{sS} střední doba do poruchy vozidel SOR [h]

W_2P Weibullovo dvouparametrické rozdělení

Γ Eulerova gamma funkce

$\lambda(t)$ intenzita poruch [h^{-1}]

Úvod

Cílem práce je posoudit 2 druhy autobusů z hlediska bezporuchovosti. Pro posuzování byly vybrány vozidla značky SOR a vozidla značky Karosa. Vozidla SOR nesou označení SOR C 10,5 a vozidla Karosa C 954.1360. Pro každý typ vozidla se bude posuzovat 5 vozidel. Data z údržby vozidel poskytla společnost Veolia Transport Morava, provozní jednotka Šumperk.

V první části bakalářské práce je popsána společnost Veolia a.s., dále jsou zde popsány základní charakteristiky vozidlového parku firmy a stručný popis hodnocených vozidel. Na konci první části je postup řešení dané problematiky.

Druhá část práce se zabývá spolehlivostí a charakteristikami bezporuchovosti. Je v ní zmíněno o etapách života, kterými si prochází každý výrobek. Dále jsou zde popsány vlastnosti a charakteristiky náhodné veličiny. Je zde např. postup pro sestavení histogramu četností poruch.

Ve třetí části práce je popsáno Exponenciální rozdělení a odhad parametrů pomocí lineární regrese v tabulkovém procesoru MS Excel.

Ve čtvrté, nejrozsáhlejší části, jsou zpracovaná data. Jako první je zde uveden vzorový výpočet pro jedno z posuzovaných vozidel. Dle tohoto postupu jsou dále zpracovaná data od ostatních vozidel. Vozidla se nejdříve porovnala mezi sebou a poté bylo zhodnoceno, jaká skupina vozidel dosahuje lepších výsledků bezporuchovosti. Dále jsou vozidla rozdělena na 11 podskupin (např. topení, osvětlení, pneumatika,...) a jednotlivé podskupiny porovnány mezi sebou.

V poslední části je technicko-ekonomické zhodnocení dosažených dat a závěr.

1 Základní charakteristiky hodnoceného parku vozidel

Popis Veolia Transport Morava a.s. a posuzovaných vozidel. Dále je v této kapitole popsán postup vyhodnocování získaných dat.

1.1 Popis firmy

Data, která jsou použita v této práci, poskytla Veolia Transport Morava a.s., provozní jednotka Šumperk, Jesenická 789/19. Veolia Environnement je součástí mezinárodního koncernu Veolia Environnement. Tu tvoří 4 divize, které se zabývají dopravou, vodohospodářstvím, nakládání s odpady a energetickými službami. Veolia Transport tvoří 4 dceřiné společnosti, zabývající se hlavně silniční dopravou. Jedná se o:

- Veolia Transport Teplice s.r.o.
- Veolia Transport Praha s.r.o.
- Veolia Transport Východní Čechy a.s.
- Veolia Transport Morava a.s.

Veolia Transport Morava a.s. (dále VTM) vlastní kolem 800 autobusů. Zajišťuje veřejnou linkovou dopravu, městskou hromadnou dopravu, příležitostní osobní dopravu, drážní dopravu (Železnice Desná), smluvní dopravu zaměstnanců a provozování integrovaných dopravních systémů. VTM má 397 příměstských linek, 40 linek MHD (Šumperk 6 linek), 10 dálkových linek a 1 mezinárodní linku.

Šumperská pobočka zajišťuje dopravu na svých linkách pomocí 56-ti autobusů. Autobusy jsou značky SOR, KAROSA, IRISBUS, IVECO DAILY a MAN. Nejvíce vozidel je značky SOR (50 %) a Karosa (39 %). Čerpáno z [1].



Obr. 1.1: vozidlo SOR C 10,5



Obr. 1.2: vozidlo Karosa C 954

Tab. č. 1.1: Vozový park provozní jednotky Šumperk

Značka	Typ	Počet vozidel	Relativní četnost značky vozidla
SOR	BN 12	2	0,50
	C 9,5	1	
	C 10,5	8	
	C 12	17	
KAROSA	B 732	1	0,39
	B 952	2	
	C 934	11	
	C 943	1	
	C 954	5	
	C 955	1	
	C 956	1	
IRISBUS	SFR 160	2	0,05
	SFR 161	1	0,02
IVECO DAILY	314	1	0,02
MAN	SL 222	2	0,04
Celkem vozidel		56	

1.2 Posuzovaná vozidla

a) SOR C 10,5

Autobus SOR C 10,5 (obr. č. 1.1) je výrobkem společnosti SOR Libchavy. Tento model se začal vyrábět v roce 2000. Označení „C“ znamená, že se jedná o meziměstský autobus. Číslice „10,5“ reprezentuje délku autobusu, cca 10,5 m. Autobus je dvounápravový, s pohonem zadní nápravy. Motor se nachází v zadní části vozu. Karoserie je polosamonosná. V její pravé části se nachází dvojice jednokřídlé dveře. Autobus je vybaven 46-ti místy k sezení

a 30-ti místy ke stání. Do vozidel jsou montovány motory značky IVECO Tector NEF o výkonu 185 kW a manuální 6-ti stupňové převodovky německé značky ZF. Příbuznými modely jsou C 9,5 a C 12, ty se liší v délce vozidla. Čerpáno z [4].

Technické specifikace:

Délka:	10 780 mm	Výška:	2 525 mm
Šířka:	2 950 mm	Pohotovostní hmotnost:	7 750 kg

b) Karosa C 954.1360

Autobus Karosa C 954 (obr. č. 1.2) je výrobkem společnosti Karosa Vysoké Mýto. Autobus se začal vyrábět v roce 2001. Jedná se o dvounápravový autobus s pohonem zadní nápravy. Motor a převodovka jsou umístěny v zadní části vozidla. Celý model je inovací modelu C 934. Autobus má polosamonosnou karoserii v níž po pravé straně jsou dvě dvoukřídlové dveře. Sedadla pro cestující jsou posazena na vyvýšené podestě. Tato konstrukce má za cíl zvětšení zavazadlového prostoru. Vozidla jsou vybavena motory IVECO Cursor F2 B o výkonu 228 kW. Dále jsou vybaveny 6-ti stupňovou mechanickou převodovkou značky ZF. Autobus má 49 míst k sezení a 39 míst ke stání. Model C 954 byl v roce 2005 mírně modifikován a jeho označení je C 954 E. Čerpáno z [4].

Technické specifikace:

Délka:	11 990 mm	Výška:	2 500 mm
Šířka:	3 165 mm	Pohotovostní hmotnost:	10 800 kg

1.2.1 Kilometrický proběh vozidel

Z kilometrických stavů na konci roku 2010 je viditelné, že více kilometrů mají najety vozidla Karosa. Z tohoto důvodu se u těchto vozidel očekává vyšší poruchovost objektů a tím i více poruch. Nejméně najetých km má vozidlo C 10,5 – 1 a nejvíce C 954 – 4.

Tab. 1.2: Kilometrický proběh na konci roku 2010

Karosa		SOR	
označení	stav km na konci roku 2010	označení	stav km na konci roku 2010
C 954 - 1	410 000	C 10,5 - 1	250 000
C 954 - 2	600 000	C 10,5 - 2	450 000
C 954 - 3	490 000	C 10,5 - 3	570 000
C 954 - 4	690 000	C 10,5 - 4	390 000
C 954 - 5	515 000	C 10,5 - 5	360 000
celkem	2 705 000	celkem	2 020 000

1.3 Postup vyhodnocování získaných dat

Dostupná data budou rozdělena podle jednotlivých autobusů. První skupinu budou tvořit autobusy SOR a druhou skupinu autobusy Karosa. U každého autobusu budou odečteny doby do poruchy a přepočteny na jednotlivé dny. Dostupná data obsahují datum, provedený úkon a v některých případech i cenu úkonu. Z těchto dat lze vyčíst, zda se jedná o plánovanou prohlídku či o poruchu. Budou brány pouze ty úkony, které nebyly dopředu plánované.

Data se budou vyhodnocovat od roku 2005 až do roku 2010. Poskytnutá data neobsahují kilometrický průběh, pouze den kdy byla oprava provedena. Každé datum od roku 2005 se musí přepočítat na den, kdy k dané poruše došlo (příklad: porucha nastala 19. 12. 2006, celý rok 2005 tj. 365 dní + 353 dní z roku 2006 = 718 dní). Z těchto výpočtů vzniknou data potřebná pro další výpočty.

Dále bude vypočtena šířka třídy, odečtena absolutní četnost a vypočtena relativní četnost, absolutní kumulativní četnost a relativní kumulativní četnost. Z těchto výpočtů budou sestrojeny histogramy četnosti.

Další postupy budou pomocí Exponenciálního či Weibullova dvouparametrického rozdělení (W_2P). O jaké rozdělení se pozná histogramu četnosti poruch. Bude vyhotoven odhad parametrů. Odhad parametrů se zjišťuje pomocí tabulky, která se skládá z jednotlivých dob do poruchy, pořadového čísla poruchy, hodnoty distribuční funkce pro danou poruchu, hodnoty „y“ a přirozeného logaritmu příslušné doby do poruchy. Z hodnot „y“ a t

(Exponenciální) nebo $\ln(t)$ (Weibullovo) bude sestaven bodový graf. Jednotlivými body bude proložena přímka a zjištěna rovnice regrese. Z této rovnice bude odečten parametr λ (exponenciální) nebo parametr tvaru „ m “ a vypočten parametr měřítka „ t_0 “ (weibullovo).

Nakonec bude sestavena tabulka, ve které budou doby do poruchy rozděleny po stejných časových intervalech. Tyto intervaly budou libovolně zvoleny. Čím kratší interval, tím bude výsledný graf plynulejší. Dále tabulka bude obsahovat hodnoty hustoty pravděpodobnosti, distribuční funkce, bezporuchovosti a intenzity poruch. Pro hustotu pravděpodobnosti bude vytvořen spojnicový graf.

Všechna tyto data budou porovnána s ostatními autobusy a bude vyhodnoceno, která skupina autobusů či podskupina autobusu má lepší výsledky bezporuchovosti.

2 Charakteristiky bezporuchovosti

Poruchy jsou popsány pomocí charakteristik náhodné veličiny. Pomocí těchto charakteristik se určují zákony rozdělení.

2.1 Spolehlivost

Termín spolehlivost má více významů. Spolehlivost dle ISO 9000:2000 tvoří dílčí části, jimiž jsou bezporuchovost, udržitelnost a zajištěnost údržby. Dle ČSN IEC 50 (191) je spolehlivost vyjádřena jako pravděpodobnost bezporuchového provozu, tj. pravděpodobnost, že je součást schopna pracovat v daných podmínkách a v daném časovém období. Čerpáno z [Famfulík, 2006].

2.1.1 Spolehlivost dle ISO 9000:2000

Bezporuchovost

- termín vyjadřující schopnost součásti nepřetržitě fungovat do uplynutí určité doby, v daných podmínkách.

Zajištění údržby

- je schopnost organizace, která zajišťuje údržbu součásti, plnit dané závazky a zajišťovat prostředky potřebné pro provádění údržby, za předem stanovených podmínek (koncepte údržby).

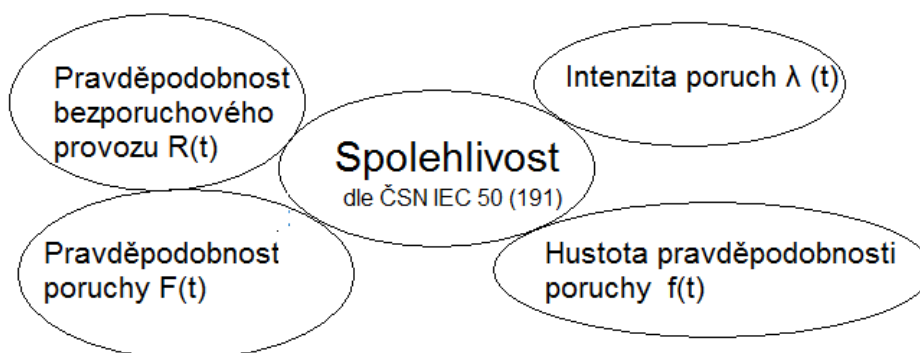
Udržovatelnost

- termín vyjadřující schopnost součásti (objektu) zůstat ve stavu schopném provozu nebo se do něj za patřičných zásahů opět dostat.



Obr. 2.1: Spolehlivost dle ISO 9000:2000 [Famfulík, 2006]

2.1.2 Spolehlivost dle ČSN IEC 50 (191)



Obr. 2.2: Spolehlivost dle ČSN IEC 50 (191) [Famfulík, 2006]

Porucha

- ztráta schopnosti provozu prvku nebo soustavy. Při tomto stavu se musí součást opravit nebo vyměnit.

Doba do první poruchy

- doba od uvedení výrobku do provozu k první poruše.

Doba mezi poruchami

- je časový okamžik mezi dvěma po sobě následujícími poruchami opravovaného objektu.

Údržba

- je souhrn konkrétních technologických činností a postupů, jimiž se cíleně provádí obnova technického stavu objektu.

Doba údržby

- je časový interval, při němž je vozidlo v neprovozuschopném stavu a provádí se na něm údržbové zásahy, včetně technických a logistických zpoždění.

Preventivní údržba

- je předem plánovaný zásah, jenž má za úkol zmenšit pravděpodobnost výskytu poruchy či znemožnění fungování daného objektu.

Údržba po poruše

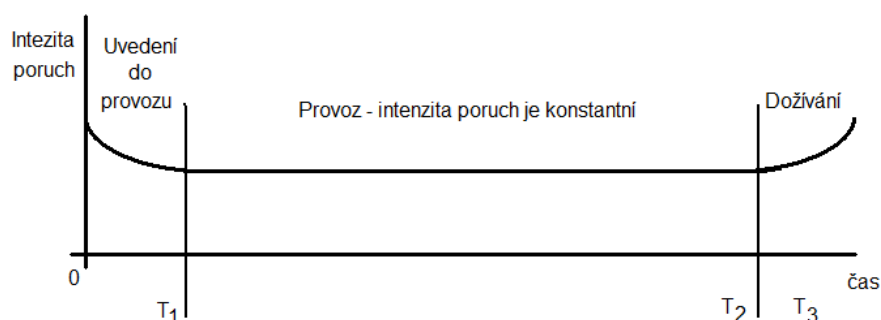
- je zásah prováděný po zjištění poruchového stavu a má za úkol obnovit stav objektu, v němž může fungovat.

2.2 Etapy životního cyklu vozidel

Každý výrobek si musí projít určitými fázemi svého života. Tyto fáze se zjišťují pomocí exaktních metod, např. změny intenzity poruch. V prvních fázích výrobek získává inherentní (vloženou) spolehlivost. Tato inherentní spolehlivost je využívána při začátcích provozu daného výrobku, než vznikne nějaká porucha. Každý výrobce se snaží docílit, aby tato spolehlivost byla co největší \Rightarrow delší doba do první poruchy.

Etapy života výrobku [Famfulík, Míková, Krzyžanek, 2007]:

1. Etapa koncepce a stanovení požadavků.
2. Etapa návrhu a vývoje.
3. Etapa výroby.
4. Etapa uvedení do provozu.
5. Etapa provozu.
6. Etapa likvidace.



Obr. 2.3.: Vanová křivka

Za normálního života výrobku je intenzita poruch ustálená. Lze ji považovat za konstantní. Proces života výrobku nejjasněji zobrazuje Vanová křivka. Vanovou křivku lze rozdělit na 3 části: uvedení do provozu, provoz a dožívání.

- Uvedení do provozu (záběh) – v této části dochází k častým poruchám vlivem konstrukčních nedostatků (chyby ve výrobě), intenzita poruch postupně klesá.
- Provoz – jedná se o nejdelší dobu života výrobku, v této části se již intenzita poruch ustálila téměř na konstantní hodnotu. Vznik poruch ovlivňuje, jak se s výrobkem zachází a jedná se o náhodné poruchy.
- Dožívání – v tomto časovém období se intenzita poruch začíná zvyšovat. Výrobek už je starý a jeho technický stav už není schopen vydržet delší dobu

bez oprav. V této fázi je dobré odhadnout, kdy se má výrobek vyřadit z provozu. Když ho odstraníme pozdě, způsobí to velké ekonomické ztráty, vzniklé jeho prostoji a opravami.

2.3 Vlastnosti náhodné veličiny

Stanovení životnosti výrobku se provádí pomocí zkoušek spolehlivosti. Tyto zkoušky zjišťují např. délku života výrobku a další ukazatele spolehlivosti. Tyto zkoušky jsou však velice nákladné na čas i finance, protože se musí čekat, až se výrobek opotřebuje a tím i znehodnotí. Tyto zkoušky jsou často používané, avšak musí se vést jednotlivé záznamy o poruchách, ze kterých je poté čerpáno. Čerpáno z [Famfulík, 2006].

2.3.1 Druhy jevů

- jevy se dělí na jevy:

- a) jisté – jev, který nastane vždy. $P(A) = 1$.
- b) nemožné – jev, který nikdy nenastane. $P(A) = 0$.
- c) náhodné – jev u kterého není jasné, zda nastane či nikoliv. Tento jev nastává s určitou pravděpodobností. $P(A)$ je v rozmezí 0 až 1.
- d) chaotické – jsou jevy, které nelze zahrnout do žádné z výše jmenovaných skupin.

Pro stanovení bezporuchovosti se nejčastěji vychází z náhodných jevů, které mají určitou pravděpodobnost. Tyto jevy jsou výsledkem opakovaných realizací. Pro další výpočty je třeba znát kilometrický průběh vozidla nebo dobu do poruchy. Pro popis spolehlivosti lze použít:

- $f(t)$ – hustota pravděpodobnosti pro náhodnou veličinu t
- $F(t)$ – distribuční funkce pro náhodnou veličinu t
- $P(A)$ – pravděpodobnost pro náhodnou veličinu t
- $E(t)$ – střední hodnota pro náhodnou veličinu t

2.3.2 Histogram četností

Histogram je sloupcový graf. Používá se pro zobrazení průběhu náhodné veličiny a pro znázornění četností. Histogram četností lze nahradit hustotou pravděpodobnosti (spojitá veličina). Na vodorovnou osu se vynášejí jednotlivé třídy a na svislou osu četnosti. Graf je vždy vertikální a šířka tříd odpovídá šířce sloupce. Histogram musí mít minimálně 3 třídy a maximálně 12 tříd. Musí obsahovat pouze jeden vrchol a šířky tříd jsou stejné. V histogramu četností poruch může být zobrazena i Relativní kumulativní četnost.

a) Šířka třídy

- Šířku třídy lze buď odhadnout, nebo vypočítat z empirického vztahu:

$$\Delta = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{1 + 3 \cdot \log N} \quad (2.1)$$

Vzorec převzat z [Famfulík, 2006].

ΔT šířka třídy [h]

t_{\max} největší doba do poruchy [h]

t_{\min} nejkratší doba do poruchy [h]

N celkový počet poruch [-]

- šířku třídy zaokrouhlíme na celé číslo směrem vzhůru.

b) Počet tříd:

$$i = \frac{t_{\max}}{\Delta T} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.2)$$

Vzorec převzat z [Famfulík, 2006].

i ... počet tříd [-]

t_{\max} ... maximální doba do poruchy [h]

T ... šířka tříd [h]

- počet tříd se zaokrouhluje na nejbližší vyšší celé číslo.

c) Relativní četnost X

$$X_i = \frac{r_i}{N} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

Vzorec převzat z [Famfulík, 2006].

r_i absolutní četnost poruch náležejících do i – té třídy [-]

N celkový počet poruch [-]

d) Relativní kumulativní četnost C

$$C_i = \sum_{j=1}^i X_j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

Vzorec převzat z [Famfulík, 2006].

Stane-li se, že histogram neodpovídá správnému tvaru je nutné ho upravit. Lze zmenšit šířku třídy nebo počet tříd. Je-li nějaká z naměřených hodnot extrémně mimo rozsah naměřených hodnot, lze tuto hodnotu považovat za odlehlé měření a s touto hodnotou nepočítat. Tím se, ale zmenší počet poruch a tak se musí vypočítat nová šířka třídy a vše znovu přepočítat.

Histogram je dobrým vodítkem pro správné určení zákona rozdělení náhodné veličiny. V případě, že histogram připomíná klesající exponenciálu, jedná se o exponenciální rozdělení. V případě kdy hodnoty nejdříve narůstají než dojdou do svého maxima a poté začnou klesat, je dobré dále používat rozdělení Weibullovo.

2.4 Charakteristiky náhodné veličiny

Spolehlivost se posuzuje pomocí pravděpodobnosti bezporuchového provozu a dalšími odvozenými veličinami. Porucha nastává v libovolném čase. Taková porucha je označována jako spojitá. Poruchy, které mají pouze určitou hodnotu a nejsou nijak závislé na čase, jsou označovány jako diskrétní.

2.4.1 Pravděpodobnost

Pravděpodobnost je definována jako počet všech příhodných pokusů ku počtu všech pokusů. Pravděpodobnost může nabývat hodnot od 0 do 1, přičemž rovná-li se 0, jde o jev nemožný (nenastal) a rovná-li se 1, jde o jev jistý (nastal).

$$P(A) = \frac{n}{m} \quad [-] \quad [\text{Famfulík, 2006}] \quad (2.5)$$

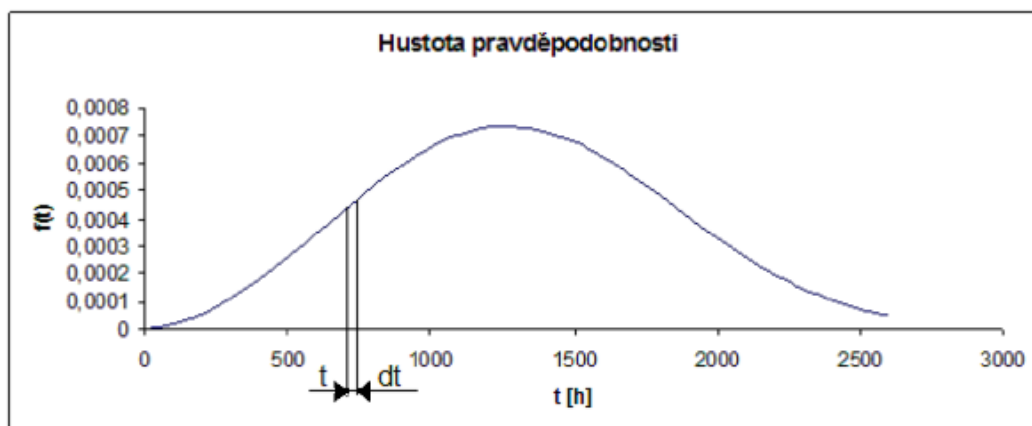
n počet pokusů kdy jev nastal [-]

m počet všech pokusů [-]

2.4.2 Hustota pravděpodobnosti $f(t)$

$$f(t)dt = P(\leq T \leq t + dt) \quad [-] \quad [\text{Famfulík, 2006}] \quad (2.6)$$

Jde o funkci vyjadřující pravděpodobnost, že náhodná veličina T bude z nekonečně malého intervalu dt.



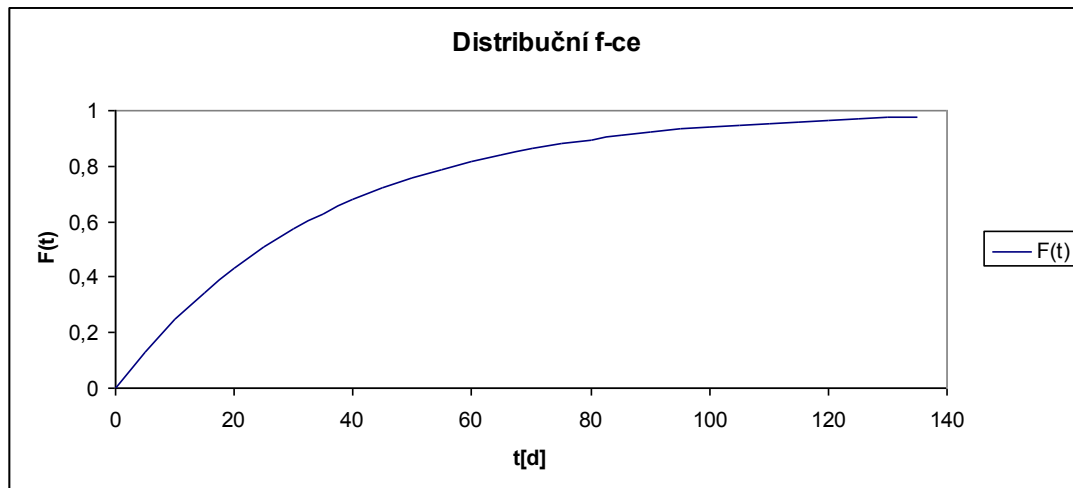
Obr. 2.5: Hustota pravděpodobnosti spojitě náhodné veličiny

- funkce nabývá pouze kladných hodnot
- plocha pod křivkou je rovna 1

2.4.3 Distribuční funkce $F(t)$

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt \quad [- \quad [Famfulík, 2006] \quad (2.7)$$

- popisuje zákony rozdělení. Je to pravděpodobnost, že náhodná veličina T bude menší nebo rovná než je hodnota t



Obr. 2.6: Distribuční funkce spojitě náhodné veličiny

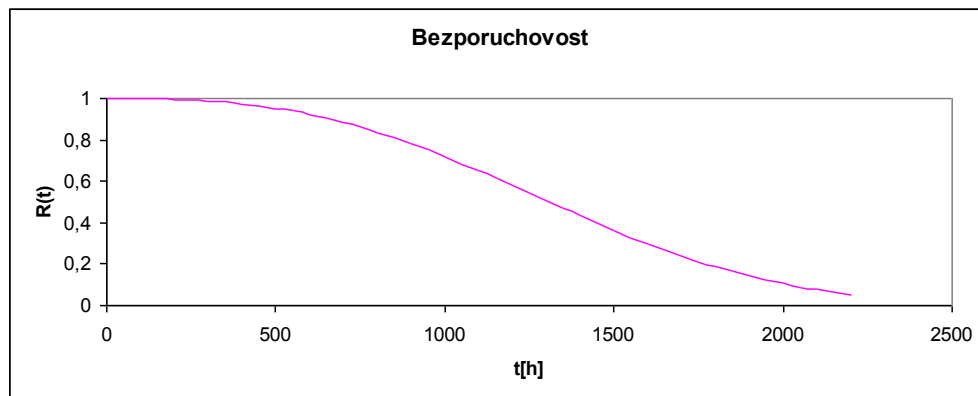
- funkce je kladná a nabývá hodnot z intervalu 0 až 1
- je rostoucí na celém svém průběhu
- existuje vztah mezi hustotou pravděpodobnosti a distribuční funkcí

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad [- \quad [Famfulík, 2006] \quad (2.8)$$

2.4.4 Doplněk k distribuční funkci $R(t)$ - Bezporuchovost

- jde o doplněk distribuční funkce do 1. Tento doplněk je pravděpodobnost bezporuchového stavu.

$$R(t) = P(T \geq t) = 1 - F(t) \quad [-] \quad [\text{Famfulík, 2006}] \quad (2.9)$$

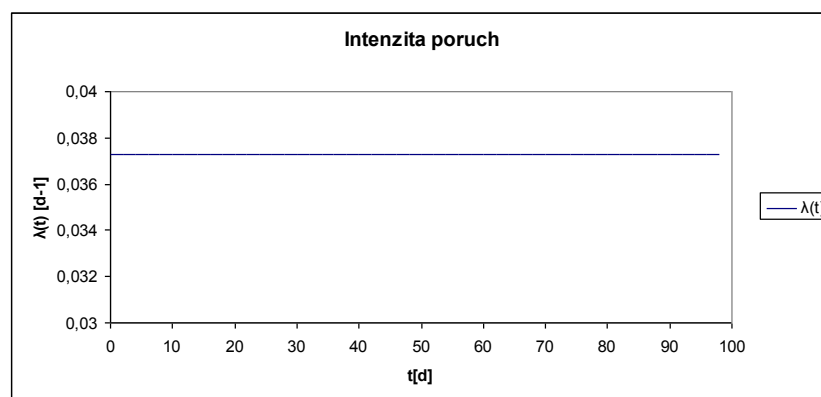


Obr. 2.7: Bezporuchovost spojité náhodné veličiny

2.4.5 Intenzita poruch $\lambda(t)$

Je definována jako podmíněná pravděpodobnost, že jev nastane za nekonečně malý okamžik dt za podmínky, že do okamžiku t jev nenastane.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad [-] \quad [\text{Famfulík, 2006}] \quad (2.10)$$



Obr. 2.8: Intenzita poruch spojité náhodné veličiny

3 Zákony rozdělení – Exponenciální rozdělení

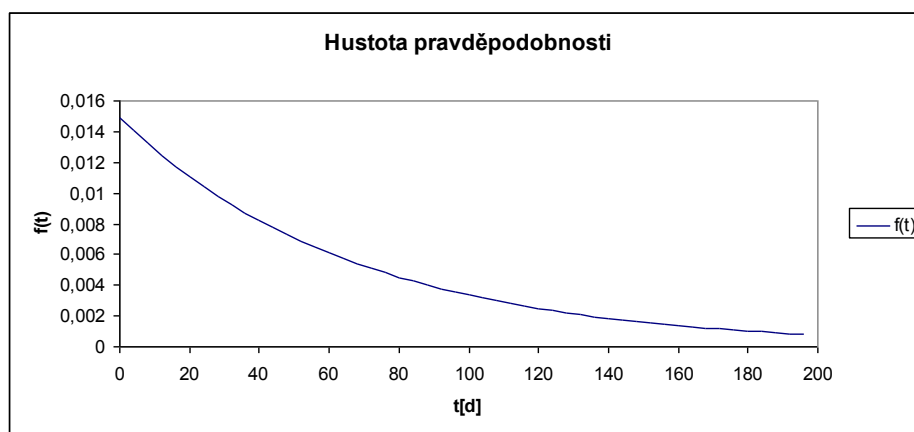
Pro rozdělení spojitě náhodné veličiny je možno využít tří zákonů rozdělení Exponenciální, Weibullovo a nebo normální rozdělení. V praxi je nejčastěji používáno Weibullovo rozdělení. Pro správnou volbu rozdělení je výhodné znát průběh histogramu četnosti. Všechny poruchy v této práci se řídí dle exponenciálního rozdělení, proto zde bude popsáno pouze tento typ.

3.1 Exponenciální rozdělení $Ex(\lambda)$

Jde o jednoparametrové rozdělení. Parametrem tohoto rozdělení je intenzita poruch λ [h^{-1}]. U exponenciálního rozdělení je intenzita poruch konstantní a proto se používá především u normálního cyklu výrobku. Tímto rozdělením se řídí poruchy např. u elektroniky nebo u fáze normálního života výrobku, kdy intenzita poruch je konstantní.

a) Hustota pravděpodobnosti

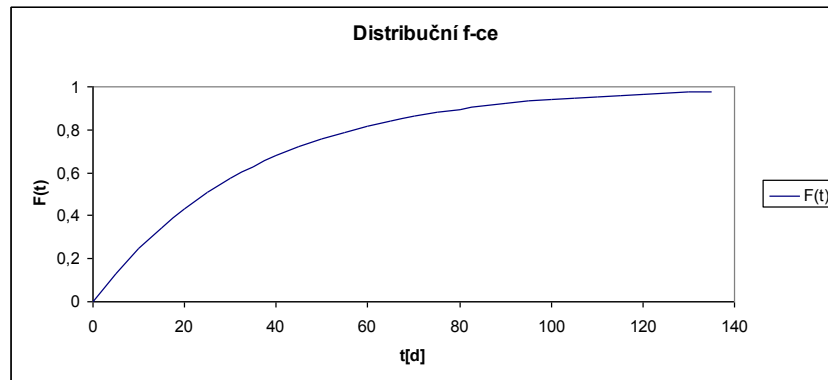
$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad [-] \quad [Famfulík, 2006] \quad (3.1)$$



Obr. 3.1: Hustota pravděpodobnosti u exponenciálního rozdělení

b) Distribuční funkce

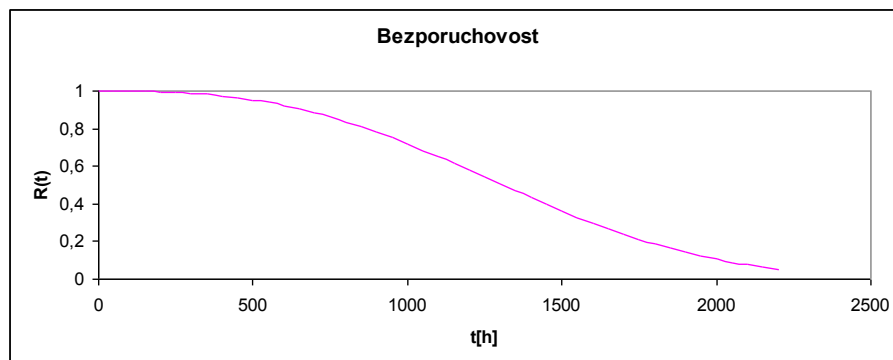
$$F(t) = \int_0^t f(t) dt = 1 - e^{-\lambda t} \quad [-] \quad [\text{Famfulík, 2006}] \quad (3.2)$$



Obr. 3.2: Distribuční funkce u exponenciálního rozdělení

c) Bezporuchovost

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t} \quad [-] \quad [\text{Famfulík, 2006}] \quad (3.3)$$



Obr. 3.3: Bezporuchovost u exponenciálního rozdělení

d) Střední doba do poruchy

$$T_s = \frac{1}{\lambda} \quad [t] \quad [\text{Famfulík, 2006}] \quad (3.4)$$

3.2 Odhad parametrů pomocí lineární regrese pro exponenciální rozdělení

Odhad metodou lineární regrese spočívá v proložení získaných dat přímkou dle metody nejmenších čtverců [Famfulík, 2006].

a) Úprava distribuční funkce:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$1 - F(t) = e^{-\lambda t}$$

$$\ln(1 - F(t)) = -\lambda t$$

b) směrnice přímky:

$$y = k \cdot x + q$$

$$k \approx -\lambda$$

$$x \approx t$$

$$q = 0$$

$$y = \ln(1 - F(t)) \quad (3.5)$$

c) odhad mediánového pořadí:

$$F_i = \frac{n_i - 0,3}{n + 0,4} \quad (3.6)$$

n_i pořadové číslo poruchy

n celkový počet poruch

e) sestrojení grafu „x – y bodový“ s osami t a y

f) zobrazení rovnice lineární regrese (spojnice trendu, $y = 0$)

3.3 Chí kvadrát χ^2 – test dobré shody

Z matematického hlediska není koeficient determinace R^2 dostatečný k potvrzení, zda je vhodně zvolen vybraný zákon rozdělení. Proto musí být proveden test dobré shody pomocí Chí kvadrátu. Jedná se o statistický test, který porovnává empirická a teoretická data a určuje

tak správnost zvoleného rozdělení. Tento test testuje nulovou hypotézu, tzn., že náhodný výběr pochází z určitého rozdělení pravděpodobnosti. Test dobré shody je proveden pro koeficient determinace 0,95.

Nulová hypotéza H_0 odpovídá experimentálním datům Exponenciálního rozdělení s parametrem $\lambda = 0,0283$. Nenulová hypotéza H_1 neodpovídá experimentálním datům Exponenciálního rozdělení s parametrem $\lambda = 0,0283$.

Postup testu:

- 1) Zvolení hladiny významnosti, volí se hladina významnosti $\alpha = 5\%$ nebo 10% . Hladina významnosti říká, že existuje 5ti% nebo 10ti% pravděpodobnost, že nulová hypotéza má chybu.
- 2) Výpočet kritické hodnoty testu $\chi^2_{0,05}$ = číslo. Tento výpočet se provádí v MS Excel pomocí funkce CHINV. Tato funkce potřebuje znát 2 parametry a to pravděpodobnost (hladina významnosti) a počet stupňů volnosti (počet tříd – počet parametrů teoretického rozdělení – 1).
- 3) Výpočet hodnoty χ^2 statisticky pro empirická data. Pro výpočet je nutné, aby empirický histogram měl min. 3 třídy u exponenciálního a 4 třídy u Weibullova rozdělení a přitom četnost každé třídy byla min. 5. Je nutné nejdříve spočítat hodnoty distribuční funkce dle vztahu 3.2, za čas je dosazena šířku třídy a empiricky vypočtená intenzitu poruch. Vypočtené hodnoty distribuční funkce se odečítají od hodnoty z předchozí třídy. Dále jsou tyto hodnoty vynásobeny celkovým počtem poruch. Tyto hodnoty vyjadřují teoretickou četnost poruch. Nakonec je sestavena tabulka a vypočten χ^2 . Tabulka obsahuje šířky tříd, empirické četnosti, teoretické četnosti, rozdíl četností a jako poslední je podíl rozdílu četností na druhou a teoretickou četností. Suma těchto podílů je hledaná hodnota χ^2 .
- 4) Posledním krokem je porovnání kritické hodnoty a statistické hodnoty Chí testu. Je-li statistická hodnota vyšší než kritická hodnota, je nulová hypotéza zamítnuta a musí se zvolit jiný zákon rozdělení. V opačném případě se potvrzuje nulová hypotéza.

Vzorový výpočet pro C 954 – 1

Výsledný histogram pro vozidlo C 954 – 1 musel být upraven jelikož, četnost ve dvou třídách byla menší než 5. Sloučením těchto tříd do sebe se dosáhlo požadovaného tvaru.

Hladina významnosti

Volím hladinu významnosti $\alpha = 5\%$

Výpočet kritické hodnoty

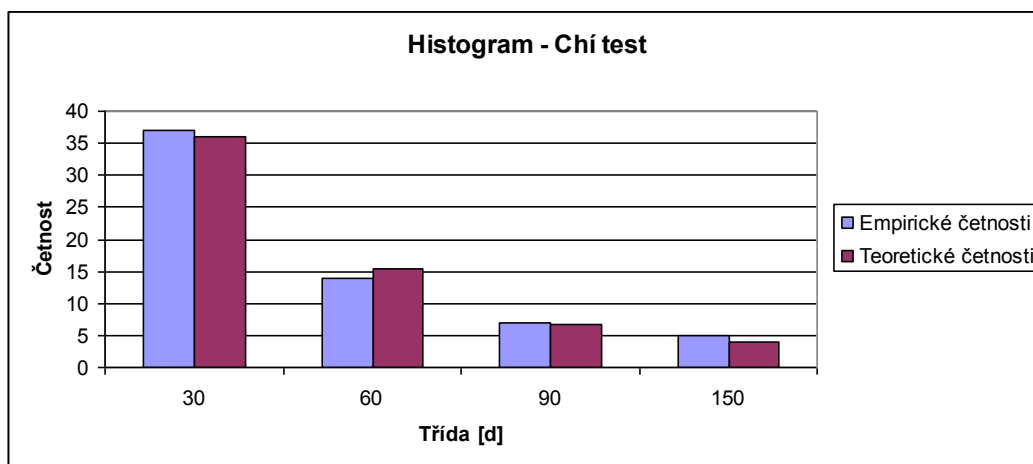
Histogram má 4 třídy a počet parametrů rozdělení u exp. rozdělení je 1. počet stupňů volnosti je roven 2. Podle funkce CHIINV v MS Excel je $\chi^2_{0,05;2} = 5,99147$.

Výpočet hodnoty χ^2

Tab. 3.1: Vzorový výpočet Chí kvadrátu

F(t)	Šířka třídy [d]	Empirické četnosti [d]	Teoretické četnosti [d]	Rozdíl četností	χ^2
0,5722	30	37	36,0459	0,9541	0,0253
0,2448	60	14	15,4220	-1,4220	0,1311
0,1047	90	7	6,5982	0,4018	0,0245
0,0640	150	5	4,0308	0,9692	0,2331

hodnota $\chi^2 = 0,4139$



Obr. 3.7: Porovnání empirických a teoretických četností

Porovnání kritické hodnoty a statistické hodnoty

$$\chi^2_{0,05;2} = 5,99147 > \chi^2 = 0,4139$$

výpočet Chí testu potvrzuje nulovou hypotézu \Rightarrow exponenciální rozdělení

4 Analýza dat

V této kapitole je postup vyhodnocování získaných dat se vzorovými výpočty.

4.1 Vzorový výpočet pro vozidlo C 954 - 1

Prvním krokem je uspořádání dat od nejmenší hodnoty po největší. Poté se odhadla šířka třídy podle vztahu (2.1).

$$\Delta = \frac{132 -}{1 + ,3 \cdot \log(83)} = 7,86 \quad d$$

Šířka třídy byla zvolena na 20 d. Dále byla sestavena tab. č. 4.1, pomocí vztahů (2.3) a (2.4) byly vypočítány relativní četnosti a relativní kumulativní četnosti a pomocí funkce histogram (v MS Excel) byl vytvořen graf č. 4.1.

Tab. 4.1: Četnosti poruch vozidla C 954 - 1

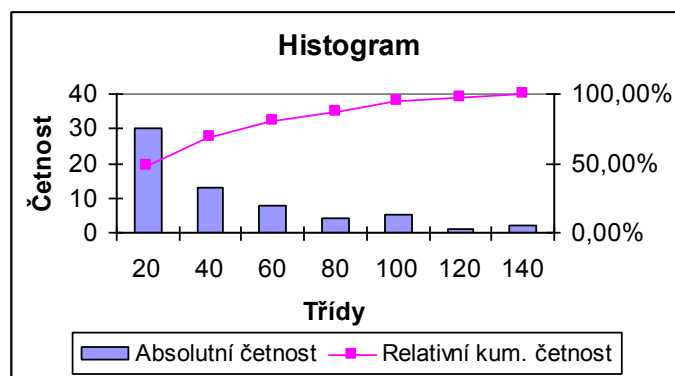
č. třídy	Třída [d]	Absolutní četnost	Absolutní kum. Četnost	Relativní četnost	Relativní kum. Četnost
1	20	46	46	0,55	0,55
2	40	19	65	0,23	0,78
3	60	8	73	0,10	0,88
4	80	5	78	0,06	0,94
5	100	3	81	0,04	0,98
6	120	0	81	0,00	0,98
7	140	2	83	0,02	1,00

Relativní četnost X :

$$X_3 = \frac{73}{83} = 0,88$$

Relativní kumulativní četnost C :

$$C_3 = \sum_{i=1}^3 X_i = 0,55 + 0,23 + 0,10 = 0,88$$

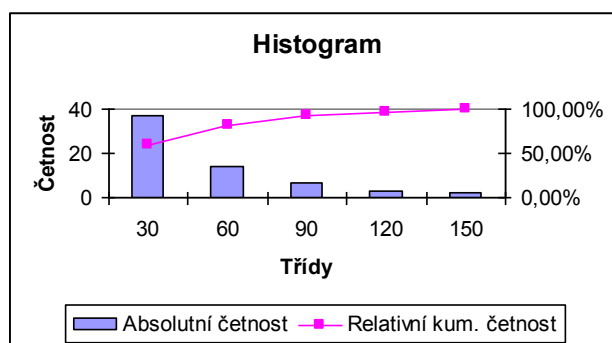


Obr. 4.1: Histogram absolutní a kumulativní četnosti vozidla C 954 - 1

Z histogramu je patrné, že nesplňuje dané podmínky. Obsahuje více než jeden vrchol a tak se musí upravit. Postupnými úpravami se došlo ke grafu č. 4.2. Zvětšila se šířka třídy z 20 d na 30 d a klesl počet tříd na 4. Musela se sestavit i nová tabulka četností poruch. Konečné četnosti vystihuje tab. č. 4.2. Histogram nyní obsahuje pouze jeden vrchol, počet tříd je 4. Takovýto histogram lze považovat za správný.

Tab. 4.2: Výsledné četnosti poruch vozidla C 954 - 1

č. třídy	Třída [d]	Absolutní četnost	Absolutní kum. Četnost	Relativní četnost	Relativní kum. Četnost
1	33	66	66	0,75	0,75
2	66	14	80	0,16	0,91
3	99	6	86	0,07	0,98
4	132	2	88	0,02	1,00



Obr. 4.2: Výsledný histogram absolutní četnosti vozidla C 954 – 1

Z grafu je zřejmé, podle klesajícího průběhu, že se jedná o Exponenciální rozdělení. Proto se další výpočty budou odvíjet od tohoto zákona rozdělení. Dalším krokem je odhad parametrů pomocí MS Excel. Ten je popsán v kapitole 3.2.1.

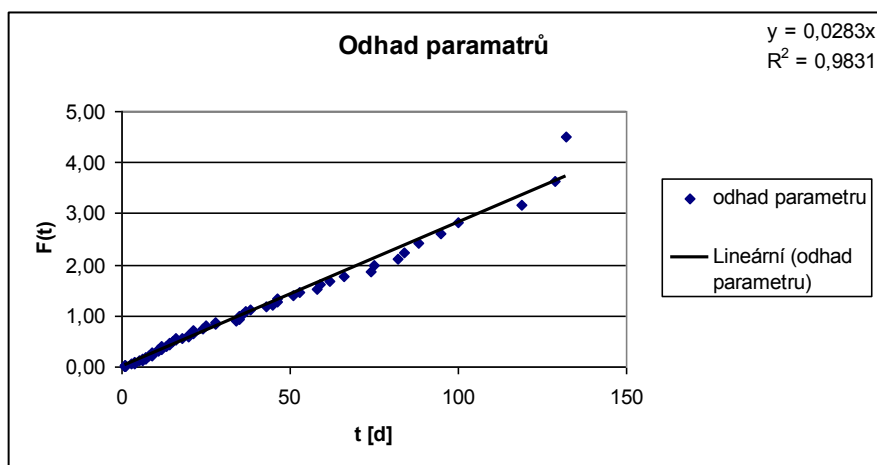
Tab. 4.3: Odhad parametrů voz. C 954 - 1

t [d]	n _i	F _(t)	y
1	1	0,0110	0,0111
1	2	0,0268	0,0272
1	3	0,0426	0,0435
3	4	0,0584	0,0601
119	61	0,9574	3,1562
129	62	0,9732	3,6188
132	63	0,9890	4,5061

Výpočet hodnoty distribuční funkce a hodnoty y pro poruchu č. 8, dle vztahu (3.6) a (3.5)

$$F_8 = \frac{6 - 1,3}{63 + 1,4} = 1,1215$$

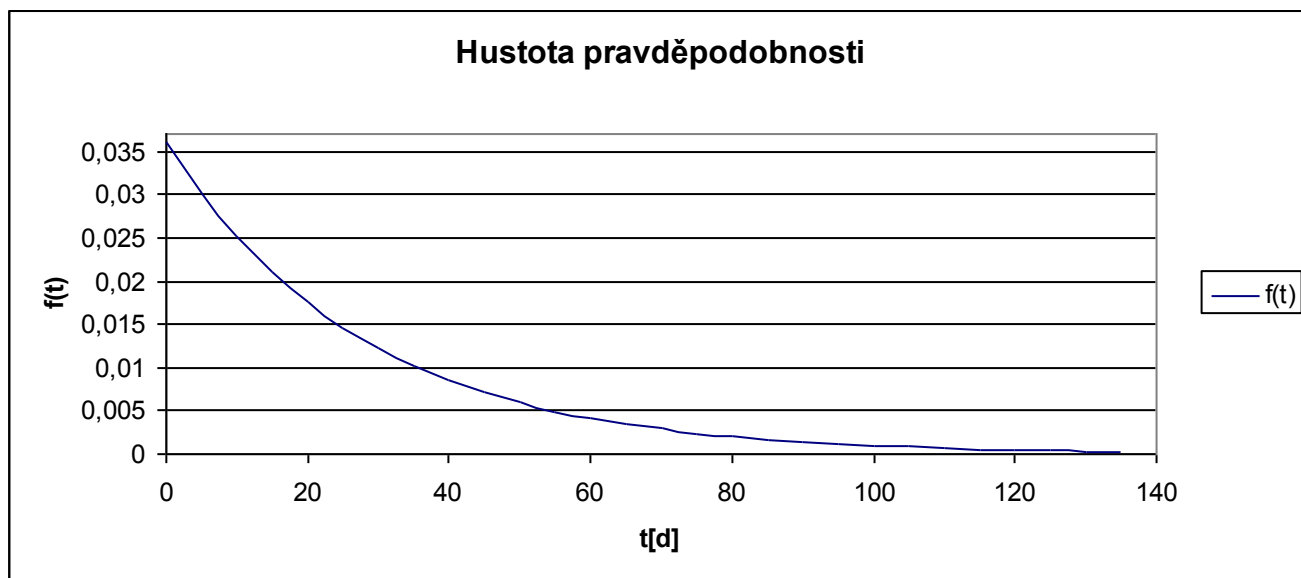
$$y_8 = - \ln(1 - F_8) = - \ln(1 - 1,1215) = 1,1295$$



Obr. 4.3: Odhad parametrů voz. C 954 - 1

Z rovnice regrese je zjištěn parametr $\lambda = 0,0283$. Pomocí vzorce (3.4) byla vypočtena střední doba do poruchy $T_s = 35,34$ d. Hodnota koeficientu determinace R^2 je větší než 0,95,

takže lze považovat toto rozdělení za správné. Následuje výpočet hodnot hustoty pravděpodobnosti, distribuční funkce, bezporuchovosti a intenzity poruch. Dle vzorců (3.1), (3.2) a (3.3).



Obr. 4.4: Hustota pravděpodobnosti $f(t)$

4.2 Bezporuchovosti jednotlivých vozidel

Pro každé vozidlo byly odečteny jednotlivé doby do poruchy a sestaveny tabulky četnosti poruch. Dále byly vytvořeny histogramy četností. Podle nich se zjistilo, že se poruchy u každého vozidla řídí podle Exponenciálního rozdělení. Další výpočty probíhaly podle zásad tohoto rozdělení. Všechny jednotlivé tabulky a grafy jsou v příloze.

4.2.1 Porovnání intenzit poruch a středních dob do poruchy

Pro vyhodnocení bezporuchovosti z hlediska značky, byly jednotlivé dny do poruchy u jednotlivých vozidel spojeny do jednoho celku. V tab. 4.4 a 4.5 jsou porovnány jednotlivá vozidla z hlediska dob do poruchy a najetých km.

Tab. 4.4: Karosa – intenzita poruch + střední doba do poruchy

Vozidlo	Intenzita poruch λ [d ⁻¹]	Střední doba do poruchy T_s [d]	Ujetá vzdálenost [km]
C 954 - 1	0,0283	35,3357	410 000
C 954 - 2	0,047	21,2766	600 000
C 954 - 3	0,0373	26,8097	490 000
C 954 - 4	0,0267	37,4532	690 000
C 954 - 5	0,0378	26,455	515 000

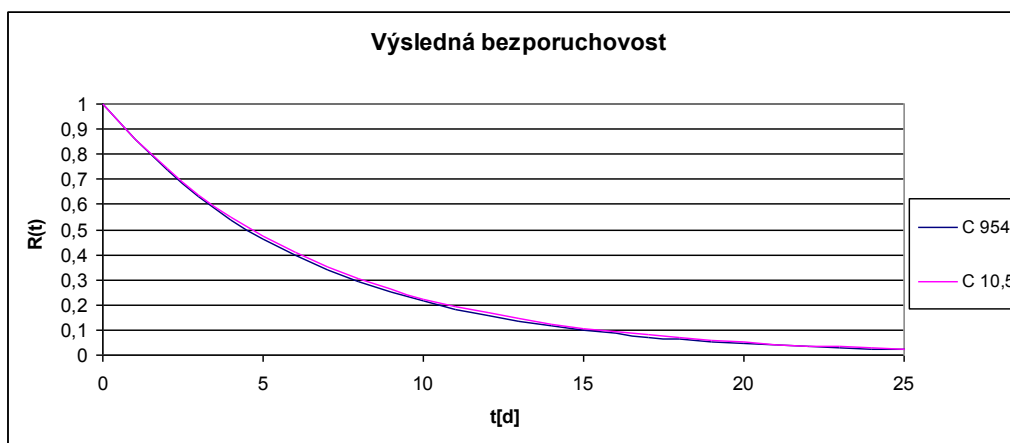
Tab. 4.5: SOR – intenzita poruch + střední doba do poruchy

Vozidlo	Intenzita poruch λ [d ⁻¹]	Střední doba do poruchy T_s [d]	Ujetá vzdálenost [km]
C 10,5 - 1	0,0238	42,0168	250 000
C 10,5 - 2	0,0391	25,5754	450 000
C 10,5 - 3	0,0331	30,2115	570 000
C 10,5 - 4	0,0244	40,9836	390 000
C 10,5 - 5	0,0405	24,6914	360 000

Střední doby do poruchy u vozidel Karosa jsou v rozmezí od 21,28 d až 37,45 d. a u vozidel SOR jsou v rozmezí od 24,69 d až 42,02 d. Z tabulek 4.4 a 4.5 je patrné, že najeté km a intenzita poruch na sobě nezávisí

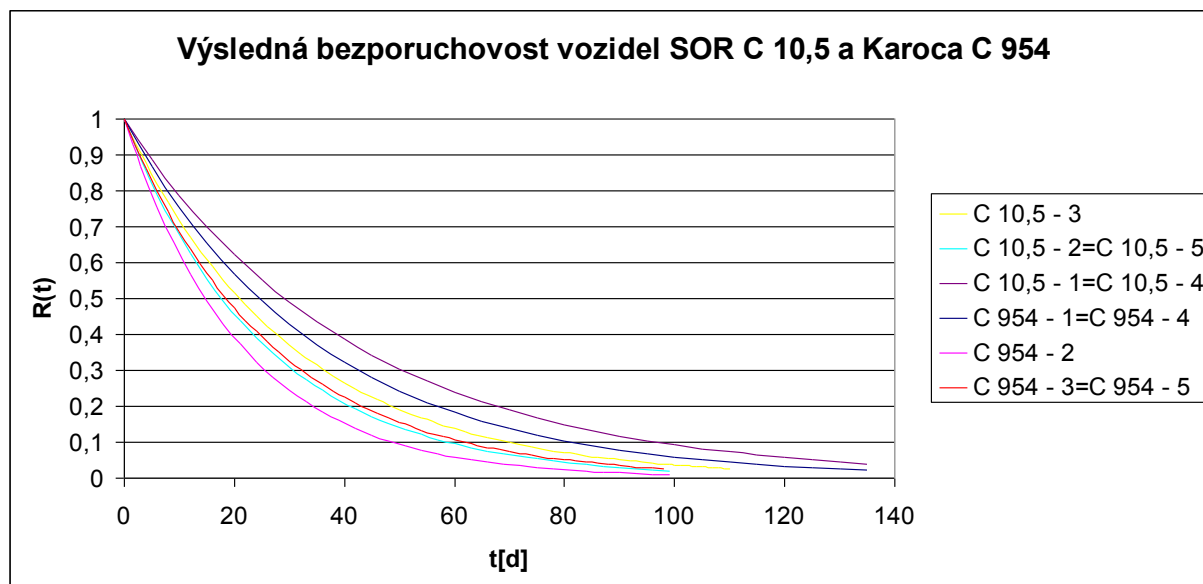
4.2.1 Výsledné bezporuchovosti vozidel

Byly vypočteny intenzity poruch. Pro typ Karosa je $\lambda_K = 0,154 \text{ hod}^{-1}$ a pro typ SOR je $\lambda_S = 0,1493 \text{ hod}^{-1}$. Dále byl graf č.4.5, ve kterém jsou znázorněny bezporuchovosti značky SOR a Karosa. Z grafu vyplývá, že lepších hodnot bezporuchovosti dosahuje značka SOR, i když rozdíl bezporuchovostí obou značek je zanedbatelný.



Obr. 4.5: Bezporuchovost značky SOR a Karosa

Na obrázku 4.6 je znázorněn průběh bezporuchovostí jednotlivých vozidel. Některé průběhy u některých vozidel se natolik shodovaly, že pro lepší přehlednost v daném grafu byly tyto průběhy nahrazeny pouze průběhem z jednoho vozidla. Nejmenší bezporuchovost ze všech vozidel má vozidlo C 954 – 2 u tohoto vozidla dochází nejčastěji k poruchám. Nejlepších výsledků dosahují vozidla C 10,5 – 1 a C10,5 - 4. Ostatní vozidla jsou seřazena zhruba ve stejných rozstupech.



Obr. 4.6: Výsledná bezporuchovost jednotlivých vozidel

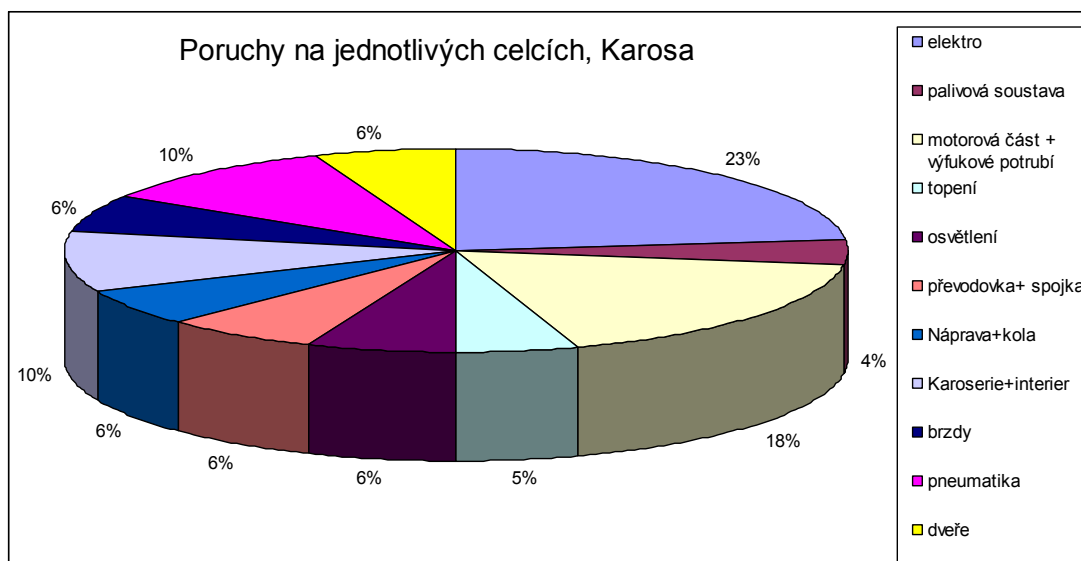
4.3 Hodnocení jednotlivých celků vozidel

V této části práce jsou poruchy na vozidle rozděleny do 11-ti podskupin vozidla. Pro tyto části se opět sestavily histogramy četností, provedl se odhad parametrů a sestrojily grafy $f(t)$, $F(t)$, $R(t)$ a $\lambda(t)$. Jednotlivé průběhy jsou mezi sebou porovnány a vyhodnoceno, která značka dosahuje lepších výsledků na daném konstrukčním celku.

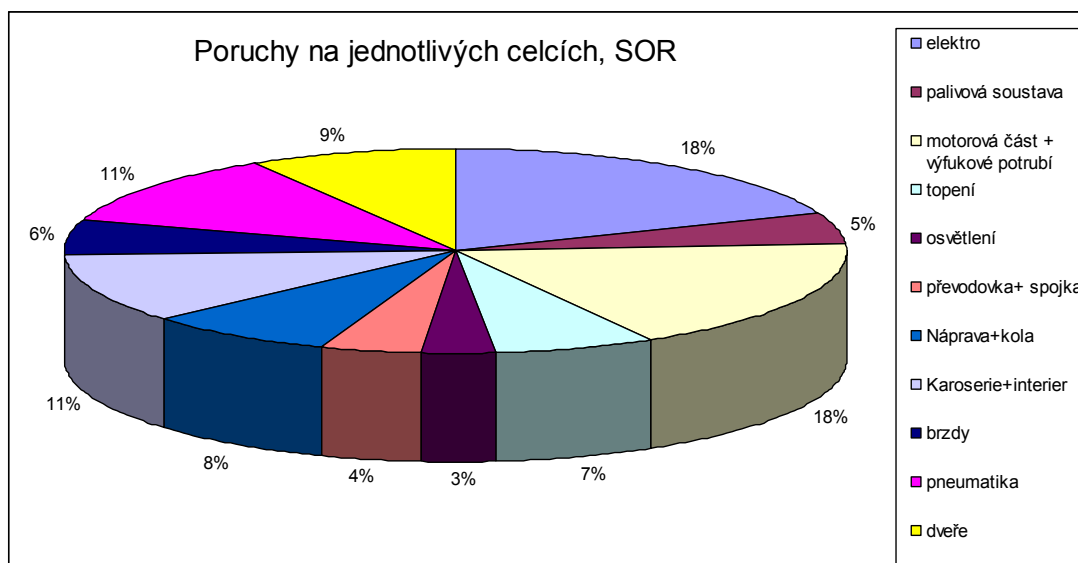
4.3.1 Rozdělení na jednotlivé celky

Vozidla byly rozděleny na celky elektrotechnika, palivová soustava, motorová část + výfukové potrubí, topení, osvětlení, převodovka + spojka, náprava + kola, karoserie + interiér, brzdy, pneumatika, dveře. Poruchy na všech celcích se řídí exponenciálním rozdělením.

Dále byly vytvořeny výsečové grafy, obr. 4.7 a 4.8, na kterých jsou zobrazeny četnosti poruch jednotlivých celků na vozidlech.

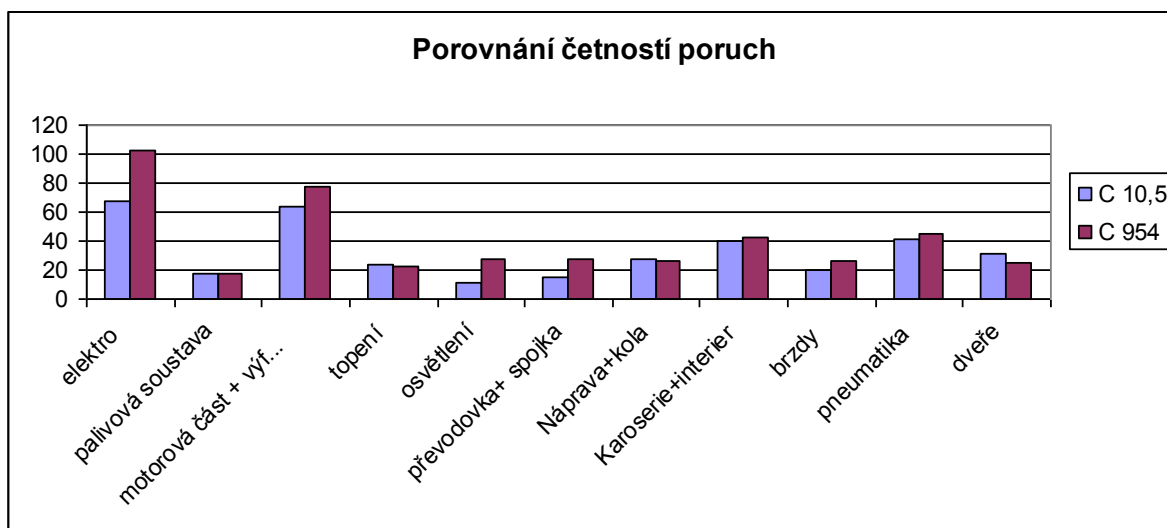


Obr. 4.7: Poruchy na jednotlivých celcích, Karosa



Obr. 4.8: Poruchy na jednotlivých celcích SOR

Celkový počet poruch u značky Karosa je 436 a u značky SOR je to 360 poruch. Z grafů je viditelné, že nejvíce poruchové jsou části elektrotechnika a motorová část s výfukovým potrubím. U každého celku se jedná se zhruba o pětinu z celkového počtu poruch. Naopak nejméně poruch se vyskytuje na osvětlení vozidla a palivové soustavě.



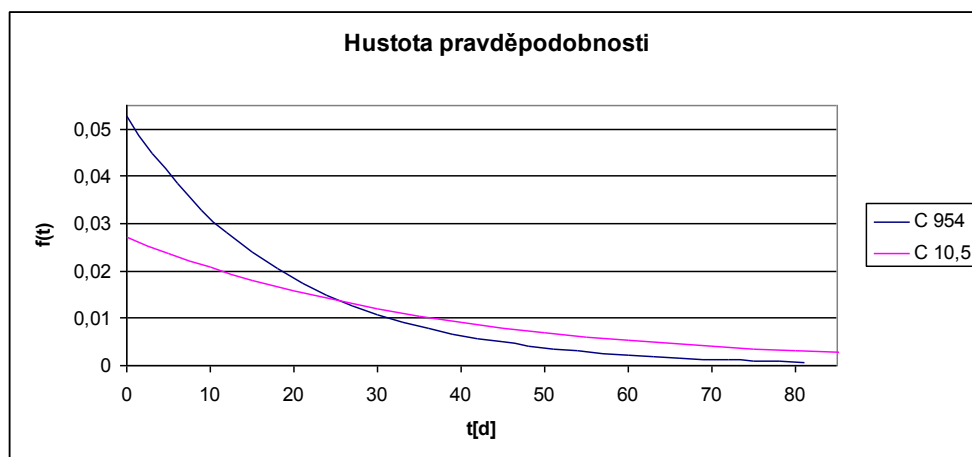
Obr. 4.9: Porovnání četností poruch

Rozdíl počtu poruch, mezi typy vozidel, je na všech celcích, kromě celků elektrotechnika, osvětlení a převodovka se spojkou, vyrovnaný. Ale na těchto třech celcích dosahuje rozdíl poruch zhruba dvojnásobku, přičemž méně poruch je vždy u značky SOR.

4.3.2 Charakteristiky bezporuchovosti jednotlivých celků

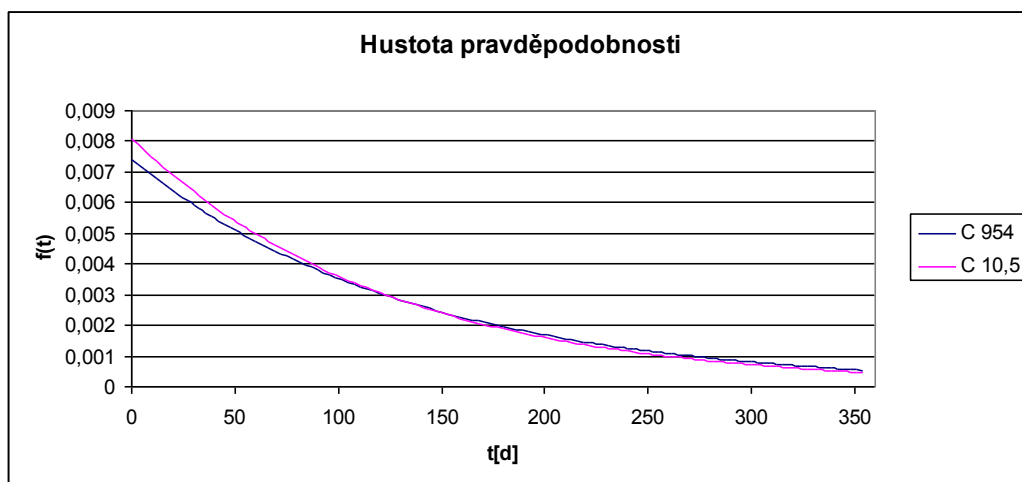
a) Elektrotechnika

Do této kategorie patří např. závady na světelné tabuli, elektroinstalace, čidla, relé, autobaterie, startér, alternátor, apod.. $T_{sk} = 18,98$ d. a $T_{ss} = 36,74$ d.. Ze středních dob do poruchy je zřejmé, že vozy Karosa znatelně zaostávají za vozy SOR.



Obr. 4.10: Charakteristiky bezporuchovosti elektrotechniky

b) Palivová soustava

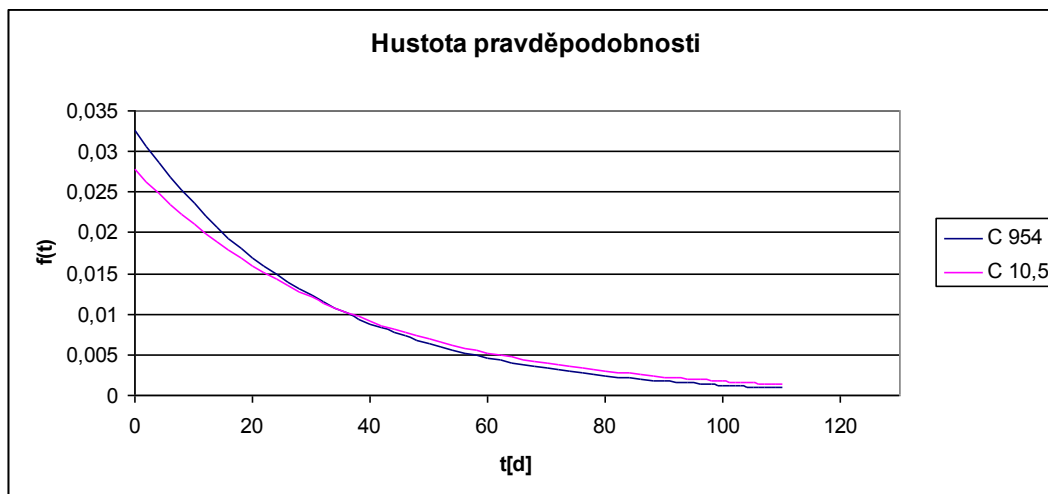


Obr. 4.11: Charakteristiky bezporuchovosti palivové soustavy

Obě vozidla jezdí na naftu, takže palivové soustavy jsou velice příbuzné. Do této kategorie patří např. poruchy na palivovém potrubí, palivová nádrž, zamrznutí nafty, p. čerpadla, apod.. $T_{sk} = 135,14$ d. a $T_{ss} = 123,43$ d.. Zde dosahuje lepších výsledků značka Karosa, avšak hodnoty už jsou vyrovnanější, což dokazují i průběhy $R(t)$ a $f(t)$.

c) Motorová část + výfukové potrubí

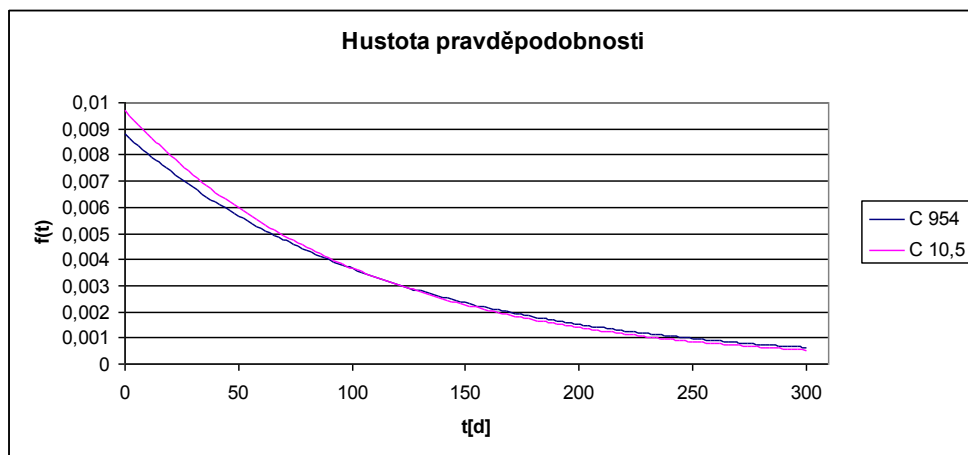
V obou typech vozidel jsou namontovány motory IVECO. U SOR se jedná o motor Tector 185 kW a u Karosy je to Cursor 228 kW. Do této kategorie patří např. poruchy turba, těsnění výfuku, závady na motoru, problém s chlazením, únik oleje, netěsnosti, apod.. $T_{sk} = 30,58$ d. a $T_{ss} = 35,97$ d.. Zde je na tom o něco lépe značka SOR. Průběhy křivek jsou opět podobné.



Obr. 4.12: Charakteristiky bezporuchovosti motorové části a výfukového potrubí

d) Topení

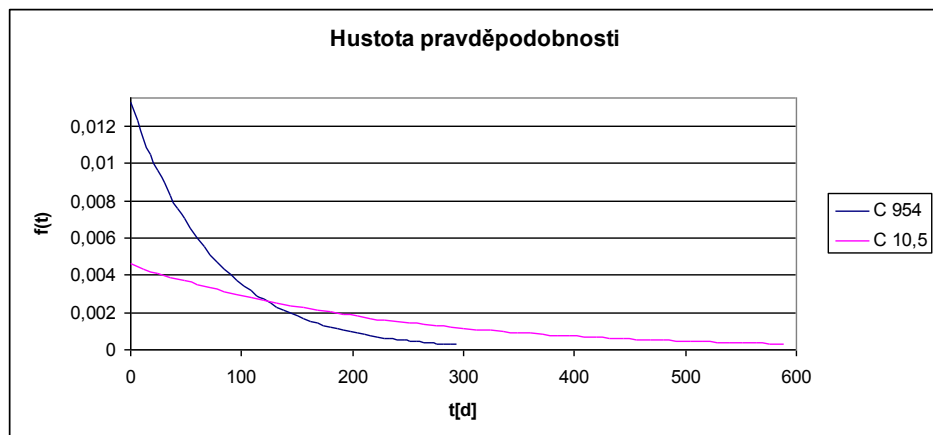
Vozy SOR používají nezávislé naftové topení Eberspaecher Hydronic 24 (24 kW). Do této kategorie patří závady na přídavném topení, ventilátoru, apod.. $T_{sk} = 113,64$ d. a $T_{ss} = 103,09$ d.. Střední doby do poruchy jsou opět vyrovnané a v případě topení je na tom lépe Karosa.



Obr. 4.13: Charakteristiky bezporuchovosti topení

e) Osvětlení

Do této kategorie patří např. poruchy především na vnějším osvětlení vozidla, jako jsou hlavní světlomety, poziční světla, apod.. Náklady na tyto opravy nejsou vysoké, protože obvykle stačí pouze vyměnit žárovku. $T_{sk} = 75,19$ d. a $T_{ss} = 217,39$ d.. Zde naprosto nevyhovuje značka Karosa, jenž má jen třetinovou dobu do poruchy než značka SOR.

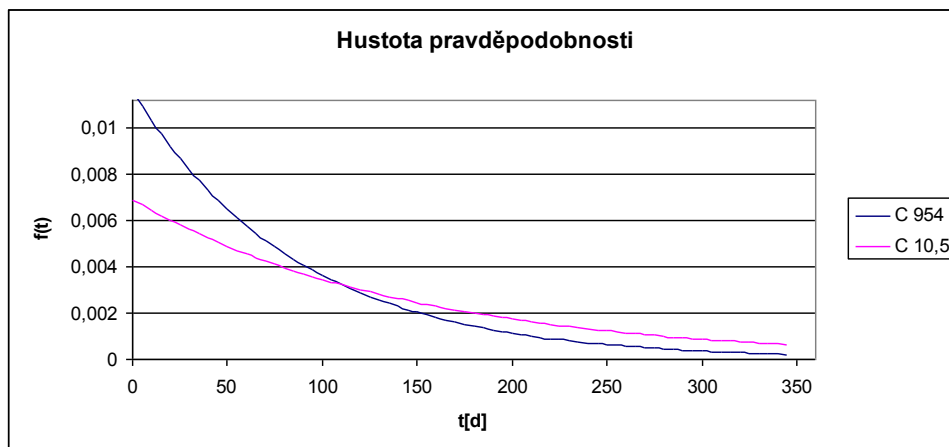


Obr. 4.14: Charakteristiky bezporuchovosti osvětlení

f) Převodovka + spojka

Obě značky používají šesti stupňovou převodovku značky ZF. Do této kategorie patří např. poruchy na spojkovém válečku, pružiny spojky, problémy s řazením, opotřebení spojky,

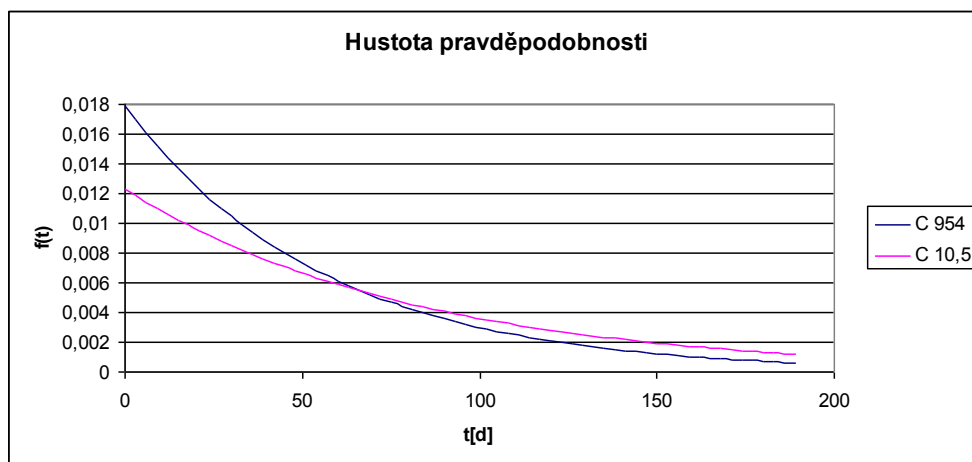
apod.. $T_{sk} = 86,21$ d. a $T_{ss} = 144,93$ d.. Přesto že vozidla používají převodovku od stejného výrobce vzniká větší propast mezi poruchovostí značkami. SOR je na tom podstatně lépe.



Obr. 4.15: Charakteristiky bezporuchovosti převodovky a spojky

g) Náprava + kola

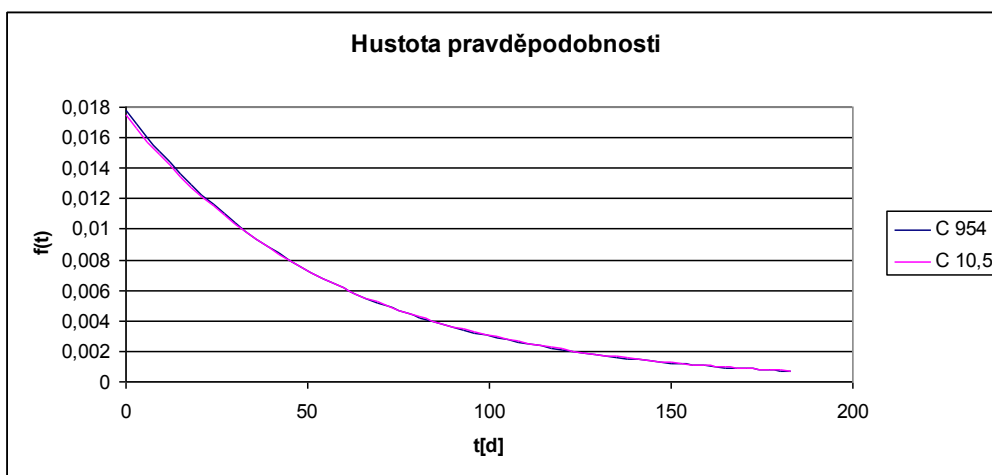
Vozidla mají zadní hnací nápravu. U SOR je přední náprava nezávisle zavěšená a u Karosy je tuhá. Do této kategorie patří např. poruchy na mechanickém vypružení vozidla, tlumiče, náboje kol, špatná geometrie, zablokovaná kola, apod.. $T_{sk} = 55,87$ d. a $T_{ss} = 81,3$ d.. Lepších výsledků dosahuje SOR, který má zhruba o třetinu lepší dobu do poruchy než Karosa.



Obr. 4.16: Charakteristiky bezporuchovosti nápravy a kol

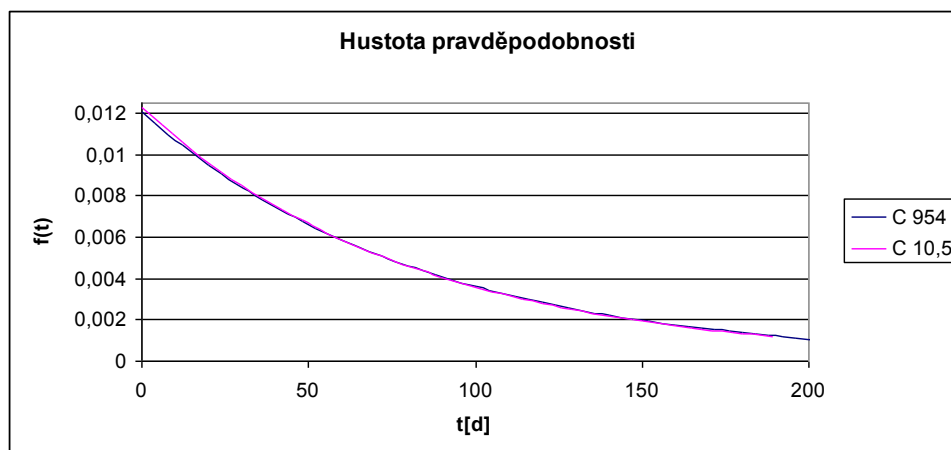
h) Karoserie + interiér

Do této kategorie patří např. zpětná zrcátka, táhla sedaček, prasklý laminát, prasklá podlaha, rozbitá okna, apod.. $T_{sk} = 56,18$ d. a $T_{ss} = 57,14$ d.. Ačkoliv je mezi SOR a Karosa karoserie s interiérem naprosto odlišná, dosahují takřka totožných výsledků. Průběhy křivek se překrývají. SOR je na tom jen nepatrně lépe.



Obr. 4.17: Charakteristiky bezporuchovosti karoserie a interiéru

i) Brzdy

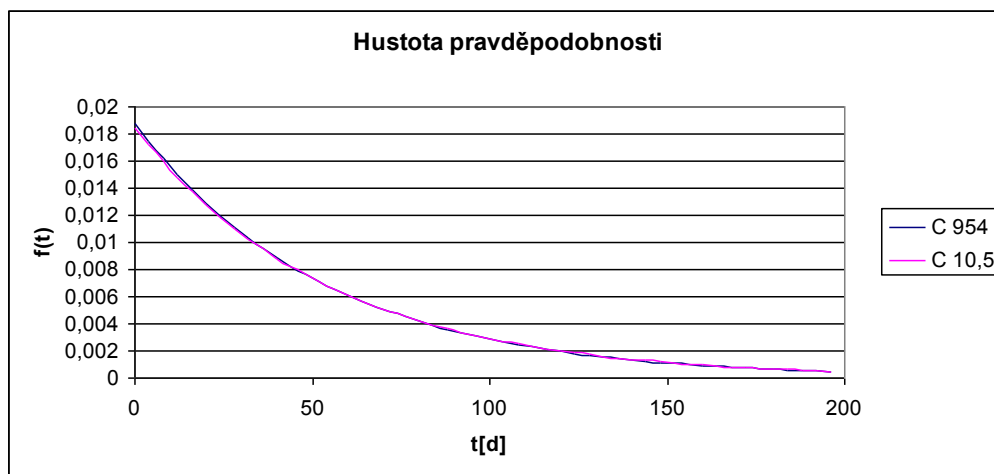


Obr. 4.18: Charakteristiky bezporuchovosti brzd

Z hlediska bezpečnosti se jedná o nejdůležitější celek na vozidle. SOR používá kotoučové, vzduchem ovládané brzdy. Karosa je opatřena bubnovými brzdami. Do této kategorie patří např. brzdová hadice, brzdové obložení, brzdové válce, apod.. $T_{sk} = 82,64$ d. a $T_{ss} = 81,3$ d.. Zde jsou výsledky opět téměř totožné, ale lépe je na tom Karosa.

j) Pneumatika

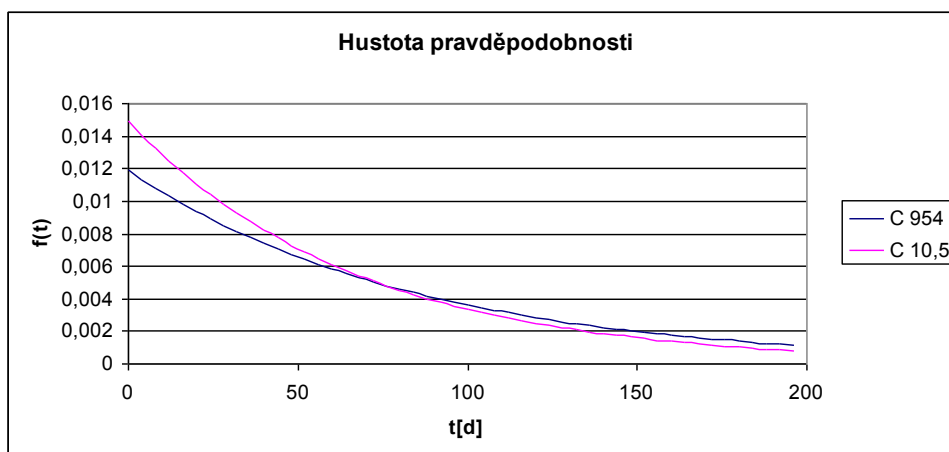
Pneumatika zde slouží pro vypružení vozidla, ovládání brzd, dveří. V drtivé většině případů dochází k netěsnostem a následnému úniku vzduchu. Tato část je přímo závislá na brzdách a tak poruchy na této soustavě snižují bezpečnost cestujících a ostatních účastníků provozu. $T_{sk} = 53,19$ d. a $T_{ss} = 54,05$ d.. Střední doby do poruchy jsou opět téměř totožné, ale lépe je na tom SOR.



Obr. 4.19: Charakteristiky bezporuchovosti pneumatiky

k) Dveře

Při závadě na dveřích dochází ke špatné cirkulaci cestujících tím se prodlužuje i doba jízdy zdržením na zastávkách. Do této kategorie patří např. závady na otevírání či ovládání dveří, zajištění dveří, špatné těsnění, apod.. $T_{sk} = 84,03$ d. a $T_{ss} = 67,11$ d.. U dveří je na tom lépe Karosa



Obr. 4.20: Charakteristiky bezporuchovosti dveří

5. Závěr a Technicko-ekonomické zhodnocení

Test dobré shody byl proveden celkem u 10ti celků, z toho 4 byly u značky Karosa a 6 u SOR. Značka SOR dosahuje v 7 celcích, z celkových 11-ti celků, lepších výsledků než značka Karosa. V celcích palivová soustava, motorová část s výfukovým potrubím, topení, karoserie s interiérem, brzdy a pneumatika jsou výsledky velice vyrovnané. Nejvyšší propady zaznamenává značka Karosa u celků elektrotechnika a osvětlení.

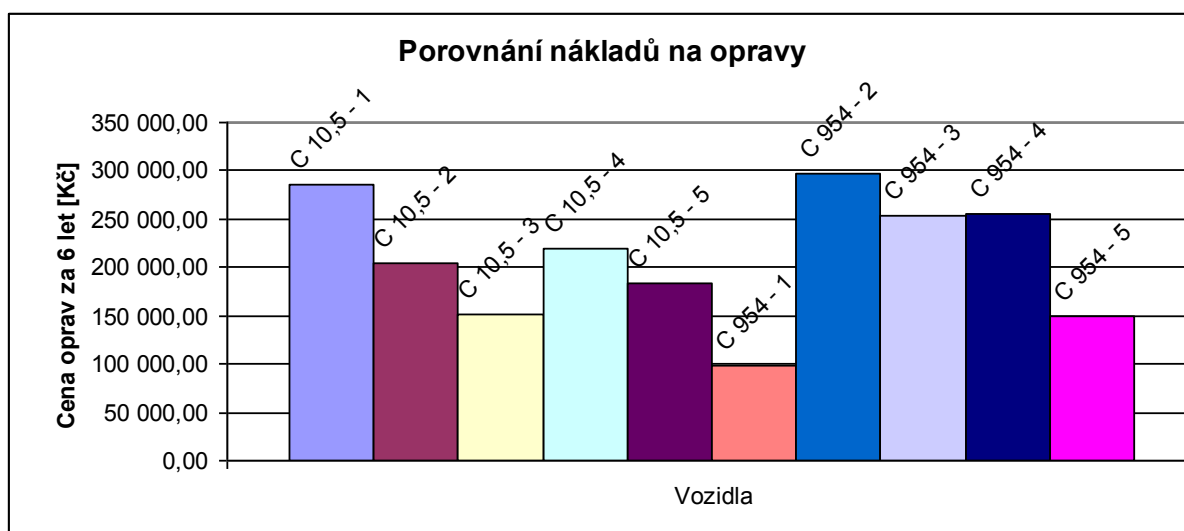
Bohužel Veolia transport neposkytla ceny za všechny opravy, ceny jsou zhruba jen u 50% oprav. Nelze tak přesně zhodnotit roční výdaje na údržbu a opravu vozidel. Z ústního sdělení zaměstnance firmy ceny za opravy zhruba odpovídají dvojnásobku uvedených cen za opravy. Proto bylo dále vypočteno kolik procent oprav je u každého autobusu udáno a poté bylo dopočítáno do 100 %. Ceny oprav v tab. č. 5.1 a 5.2 jsou uvedeny za 6 let provozu vozidla.

Tab. č. 5.1: Náklady na opravu značky Karosa

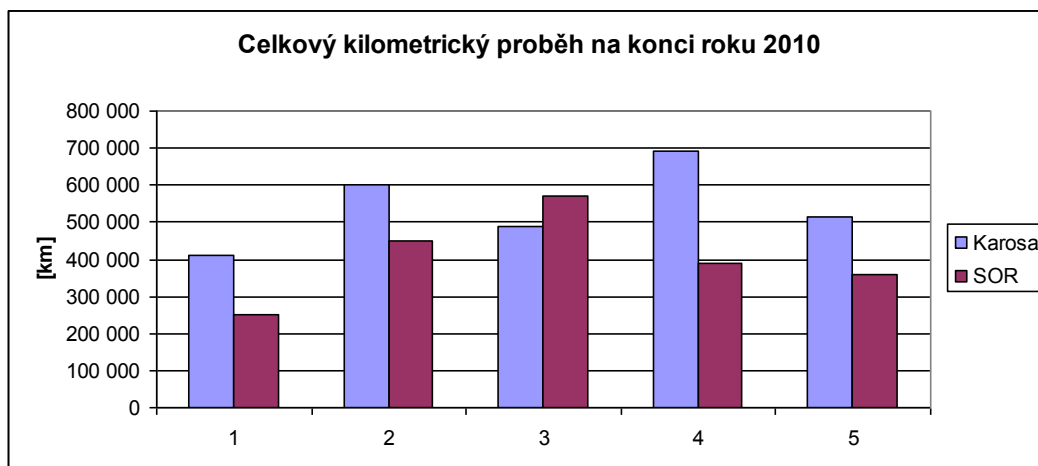
Vozidlo	Počet uvedených cen za opravu	Počet skutečných oprav	Procentuální rozdíl	Celková cena za uvedené opravy [Kč]	Dopočet cen do 100%	Výsledná cena oprav [Kč]
C 954 - 1	30	65	46,15	67 374,00	31 095,69	98 469,69
C 954 - 2	62	105	59,05	187 125,00	110 492,86	297 617,86
C 954 - 3	42	81	51,85	167 461,00	86 831,63	254 292,63
C 954 - 4	23	61	37,70	185 927,00	70 103,62	256 030,62
C 954 - 5	47	88	53,41	97 100,00	51 860,23	148 960,23
Celková cena za opravy Karosa						1 055 371,03

Tab. č. 5.2: Náklady na opravu značky SOR

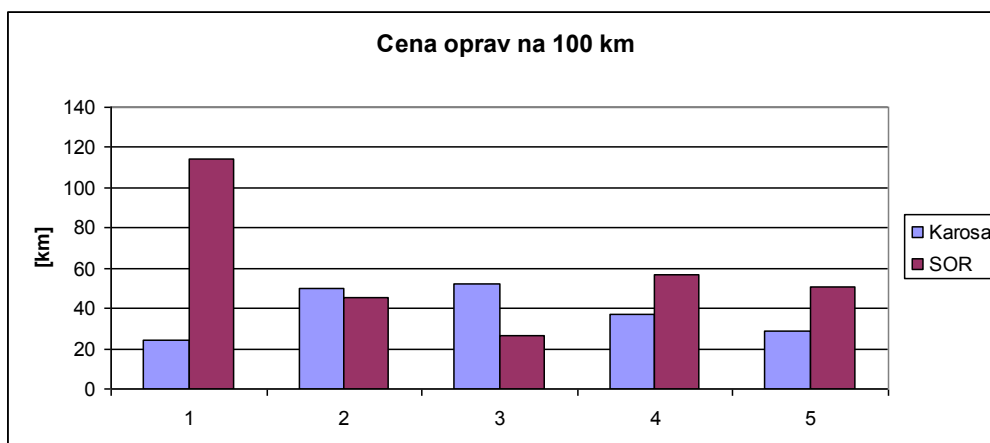
Vozidlo	Počet uvedených cen za opravu	Počet skutečných oprav	Procentuální rozdíl	Celková cena za uvedené opravy [Kč]	Dopočet cen do 100%	Výsledná cena oprav [Kč]
C 10,5 - 1	30	44	68,18	170 245,00	116 076,14	286 321,14
C 10,5 - 2	59	92	64,13	124 311,00	79 721,18	204 032,18
C 10,5 - 3	34	70	48,57	102 256,00	49 667,20	151 923,20
C 10,5 - 4	24	53	45,28	151 343,00	68 532,68	219 875,68
C 10,5 - 5	47	84	55,95	117 549,00	65 771,46	183 320,46
Celková cena za opravy Karosa						1 045 472,66



Obr. 5.1: Porovnání jednotlivých vozidel z hlediska nákladů na opravy



Obr. 5.2: Celkový kilometrický proběh na konci roku 2010



Obr. 5.3: Cena oprav na ujetých 100 km

Nejvyšší náklady na opravy má vozidlo C 954 – 2, tento autobus má druhý nejvyšší kilometrický proběh (viz tab. 1.2), a nejnižší náklady má vozidlo C 954 – 1, u tohoto autobusu je kilometrický proběh zhruba uprostřed, co se týče porovnávaných vozidel. I když je u značky Karosa zhruba o 20% více poruch než u SOR, tak celková suma za opravy je jen o 10 000 Kč za 6 let vyšší než u SOR. To je jen zhruba 1% celkové sumy za opravy. V celkovém součtu oprav jsou nepatrně levnější opravy u vozidle SOR.

Tab. č. 5.3: Roční náklady na opravy vozidla

Karosa		SOR	
Vozidlo	Náklady na opravy vozidla [Kč/rok]	Vozidlo	Náklady na opravy vozidla [Kč/rok]
C 954 - 1	16 411,62	C 10,5 - 1	47 720,19
C 954 - 2	49 602,98	C 10,5 - 2	34 005,36
C 954 - 3	42 382,10	C 10,5 - 3	25 320,53
C 954 - 4	42 671,77	C 10,5 - 4	36 645,95
C 954 - 5	24 826,70	C 10,5 - 5	30 553,41
Celkové roční náklady	175 895,17	Celkové roční náklady	174 245,44

Závěr:

Při přepočtení cen oprav na najeté kilometry vyplývá, že tyto náklady vozidla SOR C 10,5 – 1 jsou i více než dvojnásobně vyšší než u ostatních vozidel, přitom toto vozidlo má nejmenší kilometrický proběh ze všech vozidel. Výpočty dokazují, že rozdíl mezi najetými km a bezporuchovostí, zatím není patrný. Všechna vozidla jsou tedy v normální fázi života kdy intenzita poruch je konstantní (dle vanové křivky).

Rozdíl v bezporuchovostí porovnávaných značek je minimální, nepatrně lepších výsledků dosahuje značka SOR. Vozidla Karosa je lepší nasazovat na jízdu na delší vzdálenosti (pro pohodlí zákazníků) a kde je očekáván vyšší počet přepravovaných pasažérů (z hlediska kapacity). Vozy SOR na linky kde je kvalita a hlavně šířka vozovky užší (šířka a váha vozidla).

Použité zdroje

Skripta:

- [Famfulík, 2006] Famfulík, J.: *Teorie údržby*, Ostrava 2006, ISBN 80-248-1029-8
- [Famfulík, 2007] Famfulík, J., Míková, J., Krzyžanek, R.: *Teorie údržby*, Ostrava 2007, ISBN 978-80-248-1509-1
- [Fuchs, 2002] Fuchs, P.: *Využití spolehlivosti v provozní praxi*, Liberec 2002
- [Mikiska, 2004] Mykiska, A.: *Bezpečnost a spolehlivost technických systémů*, Vydavatelství ČVUT, Praha 2004, ISBN 80-01-02868-2

Internetové stránky:

- [1] <http://www.veolia-transport.cz/>
- [2] <http://hdl.handle.net/10084/81283>
- [3] <http://www.sor.cz/site/mezimestsky-autobus-sor-c-105>
- [4] <http://busweb.xf.cz/>
- [5] <http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/Jak%20ps%C3%A1t%20cerven%202009.pdf>
- [6] http://cs.wikipedia.org/wiki/Karosa_C_954
- [7] <http://leccos.com/index.php/clanky/chikvadrat-test-dobre-shody>

Ostatní zdroje:

Ústní sdělení zaměstnance společnosti Veolia Transport Morava a. s.

Přílohy

Příloha A: Rovnice přímky vozidel Karosa

- datový nosič, soubor: Rovnice přímky vozidel Karosa

Příloha B: Rovnice přímky vozidel SOR

- datový nosič, soubor: Rovnice přímky vozidel SOR

Příloha C: Rovnice přímky jednotlivých částí vozidel Karosa

- datový nosič, soubor: Rovnice přímky jednotlivých částí vozidel Karosa

Příloha D: Rovnice přímky jednotlivých částí vozidel SOR

- datový nosič, soubor: Rovnice přímky jednotlivých částí vozidel SOR

Příloha E: Porovnání bezporuchovostí a distribuční funkce jednotlivých vozidel

- datový nosič, soubor: Porovnání bezporuchovostí a distribuční funkce jednotlivých vozidel

Příloha F: Porovnání bezporuchovostí a distribuční funkce jednotlivých podskupin vozidel

- datový nosič, soubor: Porovnání bezporuchovostí a distribuční funkce jednotlivých podskupin vozidel

Datový nosič

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Jan Famfúlikovi, Ph.D. za odborné rady při tvorbě mé bakalářské práce, a společnosti Veolia Transport Morava a.s., provozní jednotka Šumperk, za poskytnutí dat.